

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-173814

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和57年(1982)10月26日

G 02 F 1/03

7529-2H

# G 02 B 5/174

8106-2H

G 02 F 1/31

7529-2H

発明の数 2

審査請求 未請求

(全 6 頁)

## ⑭ 光分岐導波路

⑯ 特 願 昭56-60215

⑰ 出 願 昭56(1981)4月20日

⑱ 発 明 者 川口隆夫

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑲ 発 明 者 黄地謙三

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑳ 発 明 者 和佐清孝

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

㉑ 発 明 者 三露常男

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

㉒ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

㉓ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光分岐導波路

## 2. 特許請求の範囲

- (1) 基板の表面を被膜で覆い、この被膜に所定形状の溝を設けかつこの溝に光伝搬媒体を埋設することにより、少なくとも1本の入光側光導波路と少なくとも2本の出光側導波路とを形成し、少なくとも前記入光側光導波路と前記出光側導波路との接合部にパフア層を設け、このパフア層上に前記入光側光導波路からの光を前記出光側導波路へ選択通過させる電圧を印加する電極を形成したことを特徴とする光分岐導波路。
- (2) 光伝搬媒体の光の屈折率が、被膜および基板の表面部の光の屈折率より大きいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (3) 基板の表面が、 $MgO$ 、 $\alpha-Al_2O_3$  (サファイヤ)、スピネル、 $SrTiO_3$ のうちの少なくとも一種で構成され、かつ光伝搬媒体が、 $BaTiO_3$ 、

$PbTiO_3$ 、PLZT系化合物の少なくとも一種で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。

- (4) 基板の表面を  $BGO (Bi_{12}GaO_{20})$  で構成し、かつ光伝搬媒体を  $BTO (Bi_{12}TiO_{20})$  あるいは、 $BSO (Bi_{12}SiO_{20})$  で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (5) 基板の表面を  $LiTaO_3$  で構成し、かつ光伝搬媒体を  $LiNbO_3$  で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (6) 基板の表面を  $GaP$  で構成し、かつ光伝搬媒体を  $GaAs$  で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (7) 基板の表面を  $\alpha-Al_2O_3$  で構成し、かつ光伝搬媒体を  $ZnO$ 、 $ZnS$ 、 $CdS$ 、 $ZnSe$ 、 $ZnTe$  のうち一種で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (8) パフア層の光の屈折率が、光伝搬媒体の光の屈折率より小さく、かつ前記パフア層が非

圧電性の誘電体であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。

- (9) パフア層が $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  (サファイア), スピネル,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{GaP}$  の少なくとも一種で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (10) 電極を $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Al}$  の金属の少なくとも一種で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (11) 電極が透明導電膜で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光分岐導波路。
- (12) 基板の表面を被膜で覆い、この被膜に所定形状の溝を設けかつこの溝に光伝搬媒体を埋設することにより少なくとも1本の入光側光導波路と少なくとも2本の出光側導波路とを形成し、前記入光側光導波路と前記出光側導波路との接続部またはその近傍に前記入光側光導波路からの光を前記出光側導波路へ選択通過させる電圧を印加する電極を直接形成したことを特徴とする光分岐導波路。

基板11の上に、珪酸ガラスからなる薄膜12<sup>5ページ</sup>を設ける。また拡散型では、例えば、 $\text{LiNbO}_3$  単結晶基板13の表面に、 $\text{Ti}$ の拡散層14を設ける。

この種の従来の光導波路を用いて、例えば分岐光導波路を形成あるいはこれらを集積化した光ICを形成する場合、リッジ型は、表面に段差があるため、この光導波路の上に、例えば分岐光導波路を形成し難いという欠点がある。また、拡散型光導波路の例では、導波路の境界が不明確であり、例えば同一表面に二次元的に複数の分岐光導波路を集積化する場合、集積度に限界があるという欠点がある。

本発明は、これらの光分岐導波路の構造とその構成材料に改良を加え、従来の光分岐導波路の欠点を除去するものである。

したがって、本発明の目的は、小型光デバイスあるいは光ICに用いる光分岐導波路の構造とその構成材料を与える。

以下、図面を用いた実施例により、本発明を説

(13) 電極が透明導電膜で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第12項記載の光分岐導波路。

(14) 電極が $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  あるいはITO( $\text{In}_2\text{O}_3$ - $\text{SnO}_2$ )の透明導電物質の少なくとも一種で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第13項記載の光分岐導波路。

### 3、発明の詳細な説明

本発明は、光分岐導波路に関するものであり、特に光IC用の薄膜光分岐導波路を提供するものである。

電子回路で電気を導くのに導線を使用するように、またマイクロ波回路では導波管を使用するように、光信号処理システムあるいは光ICでは、各種の光導波路が必要になる。

小形化光デバイスあるいは光ICに用いる光導波路、例えば分岐光導波路は、従来例えば第1図(a), (b)に示すような、リッジ型(a)あるいは拡散型(b)の導波路を用いて形成していた。この場合、導波路はリッジ型では、例えば石英ガラスからなる

明する。

第2図は本発明にかかる光分岐導波路を示す。

すなわち本発明の光分岐導波路21は、少なくとも表面221を保護被膜231で覆われた基板22と、この保護被膜231に設けたU字溝232と、このU字溝232内に埋設された光伝搬媒体233とからなる光導波路23を用いている。また、分岐導波路21の入光部側は少なくとも1つの光導波路234を有し、また出力部側は光導波路234と連続した少なくとも2つの光導波路235を有する。光導波路23の分岐部236上にパフア層24を設け、さらにこの光導波路23の分岐部236において、入光部側の光導波路234および出光部側の光導波路235へと連続して電極251を設けている。さらに、この電極251に並列して対向電極252を設けスリット電極25としている。

この場合、光分岐導波路21の光導波路23において、少なくとも光伝搬路23は、少なくとも該伝搬媒質233の光の屈折率が該基板22および

び該保護被膜231の光の屈折率より大きくする。

第2図に示すごとく、本発明の実施例にかかる光分岐導波路は、その表面が平坦な基板を用いている。また、基板部のU字溝の形成と、光伝搬媒質のU字溝への埋込みは、通常の半導体プロセス例えば蒸着プロセスとホトリソプロセスで形成できるから、従来の拡散型に見られたような光導波部の面内での広がり少なく、第2図に示すようなシャープな光導波路断面が実現できる。このため、本発明にかかる光分岐導波路は、光デバイスの高密度化、IC化に有効となる。

発明者らは、この種の光分岐導波路に、最適な構成材料があることを見出し、それに基づき、高性能の小型薄膜光分岐導波路を作製した。

第2図の光分岐導波路21の光導波路23において光伝搬媒体233を $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{PbTiO}_3$ 、PLZT系化合物のうちの少なくとも一種で構成し、かつ基板の表面221を $\text{MgO}$ 、スピネル、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiTiO}_3$ のうち少なくとも一種で構成するのが適している。

$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 単結晶板が適し、表面保護層およびパッファ層に石英ガラスが適し、スリット電極に例えば蒸着 $\text{Al}$ が適していることを確認した。すなわち、この種の構成材料では、スパッタリング法および真空蒸着法という薄膜形成技術を導入することにより、比較的低温で、本発明にかかる構造の光分岐導波路が実現でき、光ICなど、光集積化デバイスの実現に有効である。

以下、さらに具体的に、本発明の一実施例にかかる光分岐導波路の形成手順と構成材料要素を説明する。すなわち、本実施例にかかる光分岐導波路は、まず、例えばサファイヤ(0001)面の単結晶板を基板にし、この上に、例えば石英ガラス膜を厚さ0.2 $\mu\text{m}$ 程度例えば高周波スパッタリングで蒸着する。この場合、蒸着時の基板の温度は、200~300°C程度である。この石英ガラス膜を通常の半導体製造プロセスに用いる例えばフォトリソ加工により、U字溝を形成し表面保護膜にする。次に、このU字溝部に、再び高周波スパッタリングで、 $\text{PbTiO}_3$ 薄膜を、石英ガラスの厚

第2図に示すように光導波路23にスリット電極25を装荷する場合、光の損失を生じるため、光導波路23とスリット電極25との間に損失の少ない誘電体、たとえば $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (サファイヤ)、スピネル、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{GaP}$ の少なくとも一種で構造したパッファ層24を挿入することにより損失の軽減化を図ることができることを確認した。

第2図に示すスリット電極25に $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Al}$ の金属の少なくとも一種で構成すれば有効であることを確認した。また、スリット電極25に透明導電膜を用いても有効であることを確認した。この場合、例えば透明導電膜に $\text{SnO}_2$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、ITO( $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ )を用いればよい。また、これらのスリット電極に他の透明導電膜を用いても同様の効果が得られることを確認した。

すなわち、発明者らは、第2図の光分岐導波路の構成とその実現の可能性について、構成材料を変えて探索した結果、例えば、光伝搬媒体として、 $\text{PbTiO}_3$ 薄膜が適し、基板にサファイヤ( $\alpha$ -

ただ蒸着する。この場合、基板温度を600°C程度にし、化学組成が $\text{PbTiO}_3$ の化学当量比からのずれがないようにすると、(111)面の $\text{PbTiO}_3$ の透明な単結晶薄膜が形成される。

このように形成された光導波路基板上に例えば石英ガラスを厚さ0.1 $\mu\text{m}$ 程度高周波スパッタリング等で蒸着し、パッファ層とする。さらに例えば $\text{Al}$ 膜を例えば0.2 $\mu\text{m}$ 真空蒸着し、更に通常のフォトリソ加工等によりスリット電極を形成する。この場合スリット電極を例えば第2図のごとく一方の電極を光導波路上に他方の電極を光導波路外に近接して並置し、両電極間に直流電界を印加すると光導波路内ではほぼ電界が基板膜面と垂直方向すなわち $\text{PbTiO}_3$ 単結晶膜の(111)軸方向に加わる。

この場合 $\text{PbTiO}_3$ のボッケルス定数最大の結晶光学軸は(001)軸であるので加えた電界のおよそが、屈折率の変化 $\Delta n$ に寄与する。このため、例えば第2図において入光部側の光導波路234から入射した光は $\Delta n$ だけ屈折率の小さくなった

光導波路へは進行せず他の屈折率の大きい<sup>11</sup>光導波路へ偏向される。この偏向の度合は $(\Delta n)^3$ に比例する。すなわち印加電界に比例するため、スリット電極に例えば0~100V印加することにより入射光を連続的に分枝することができ、本実施例にかかる光分枝導波路が効果的に実現される。

また、スリット電極は出光部側の導波路ごとに設けなくてもよいが、全ての出光部導波路にスリット電極を設けることにより任意の強度でありかつ低損失で出光させることができる利点を有する。

以上の説明では、光分枝導波路の基板としてサファイヤ(0001)面単結晶板について述べたが、同様な効果は、 $MgO$ 、 $SrTiO_3$ 単結晶の(100)面や、スピネル( $MgO-Al_2O_3$ )単結晶の(110)面を基板に用いても得られることが確認された。この場合は、 $PbTiO_3$ 薄膜は(001)面が成長する。

さらに、光伝搬媒体も、 $PbTiO_3$ 以外に、 $BaTiO_3$ や、PLZT系薄膜例えば、PLZT(9/65/35)、PLT、PZTなどのペロブスカイト構造の薄膜でも、 $PbTiO_3$ と同様の形成プロセスで形成で

また、実施例で示した、基板あるいは光伝搬媒体<sup>13</sup>の材料以外でも、化学組成やその結晶方位等を変化させることにより、本発明の主旨と同様の効果を得ることができる。

例えば、Ⅲ-V族化合物でも本発明の構成の基本条件さえ満足されていれば用いることができ、例えば基板にGaPを、光伝搬媒体をGaAsにすることができる。この場合、赤外線用の光導波路として有効である。また、Ⅱ-V族化合物も構成材料として使用でき、例えば基板に $ZnSe$ 単結晶を、光伝搬媒体を $ZnTe$ にすることができる。

また、これらのⅡ-V族化合物、例えば $ZnO$ 、 $ZnS$ 、 $CdS$ 、 $ZnSe$ 、 $ZnTe$ を光伝搬媒体に用い、基板に $\alpha-Al_2O_3$ を用いてもよい。例えば、 $ZnO$ を光伝搬媒体に用いる場合、例えば、(0001)面あるいは(0112)面の $\alpha-Al_2O_3$ 単結晶の基板を用い、 $ZnO$ 膜を例えばマグネトロンスパッタで蒸着すると、スパッタ蒸着中の基板温度が、300~400°Cという低温でも、光伝搬損失が例えば2dB/cm以下という良好な単結晶薄膜がエビタキ

き電気光学効果も大きく、本発明にかかる光分枝導波路の構成材料として有効である。

さらに、光分枝導波路の構成材料として、基板としてBGO( $Bi_{12}GeO_{20}$ )単結晶を用い、光伝搬媒体としてBTO( $Bi_{12}TiO_{20}$ )あるいはBSO( $Bi_{12}SiO_{20}$ )薄膜を用いることも可能である。

なお、同様の効果を示す構成材料として、基板材料として $LiTaO_3$ 単結晶板が、光伝搬媒体材料として $LiNbO_3$ 薄膜があることを発明者らは確認した。

以上の説明では、表面保護層およびパフファ層として、石英ガラスについて述べたが、表面保護層としては、その光の屈折率が光の伝搬媒体より小さく、またU字溝が例えばホットエッチ法で容易に形成できさえすればよく、またパフファ層はその光の屈折率が光の伝搬媒体より小さければよく、これらは石英ガラスに限定されたものではない。例えば、珪酸ガラス、ソーダガラスの他、窒化シリコン等も使用できる。

シャル成長し、この種の光導波路の形成に有用である<sup>14</sup>ことを本発明者らは確認している。

また基板に課せられる特性も、必ずしも基板全体に要求されることはなく、基板の表面さえ満足されていればよい。

発明者らは、さらに本発明にかかる構成の光分枝導波路において、パフファ層とスリット電極の材料に改良を加えた。すなわち、これらの構成材料として、透明導電膜例えば $In_2O_3$ 、 $SnO_2$ あるいはITO( $In_2O_3-SnO_2$ )などで、スリット電極を構成すると、パフファ層が不要になることを発見し、この発見にもとづき、パフファ層を要しない構成の光分枝導波路を発明した。

この構造における透明導電膜は、例えばRFースパッタとりわけマグネトロンスパッタを用いると、100°C以下の低温でも容易に形成でき、しかもその光学的特性が良好であることを確認している。この構成は低温で形成でき、しかも構造が簡単であるため光ICなどの集積化光デバイスの形成にはより有効である。

次に本発明は光分岐用導波路用の光導波路として、第2図に示す構成のものを用いたが、第3図、第4図に示す構成の光導波路を用いても、本発明の光分岐導波路と同様の効果が得られることを見出した。

即ち、第3図は少なくとも表面にU字溝31が設けられた基板32と、このU字溝31内に埋設された光伝搬媒体33とから構成された光導波路を示す。

第4図は、表面U字溝41が設けられた結晶性基板42と、このU字溝41の内側面に被覆されたガラス質薄膜層43と、このU字溝41内に埋設された光伝搬媒体44とから構成された光導波路を示す。

これらの構造を有する光導波路を用いれば導波路の境界が明確であり、表面に段差がないので三次元的な構成が可能で第2図に示したものと同様の効果を有する光分岐用を得られる。

更に光分岐導波路用の基板として、第5図に示す構成の光回路用基板を用いても、本発明と同様

の効果があることを見出した。

第5図は本発明にかかる光分岐導波路に用いる基板の他の実施例である。すなわち、この基板は少なくとも表面を光伝搬媒質層51で覆われた基板52と、この光伝搬媒質層51と基板52との界面に設けられた基板パツファ層53とから構成されている。この場合、光が光伝搬媒体53のみを通過するべく、該基板パツファ層が、該光伝搬媒質層と接する面において、該基板パツファ層の光の屈折率を小さくする。この場合、基板52の屈折率が光伝搬媒質層51の屈折率より大きい場合でも、光伝搬媒質層の光の屈折率より小さい基板パツファ層を用いることにより特性の優れた光回路用基板が形成される。したがって、この光回路用基板を用いても本発明と同等の光分岐導波路を形成することができる。

この種の光分岐導波路を用いると従来の拡散型に見られたような光導波路部の面内での広がりがなく形成できるので、分岐部の電極長を従来のTi拡散 $\text{LiNbO}_3$ 導波路の約 $50\mu\text{m}$ 以上から、例え

ば $\text{PbTiO}_3$ 、PLZT系化合物の少なくとも一種で構成した導波路を用いることにより $10\mu\text{m}$ 以下で光分岐導波を形成することができる。

かつ、この種のポッケルス定数の大きい物質を用いることにより屈折率の差 $\Delta n$ を低電圧で容易に得ることができるので、光の偏向性がよい。このため出力光の消光比を従来の $10\text{dB}$ をはるかに上回り $20\text{dB}$ が得られ、光スイッチとしても実用に供しうるものである。

以上の説明から明らかなごとく、本発明にかかる光分岐導波路は、表面が平滑な光導波路用基板に形成されているため、その光分岐路の加工精度は、現在の半導体製造プロセスを用いれば、 $1\mu\text{m}$ 以下、所謂サブミクロンの範囲まで可能である。したがって、本発明にかかる光分岐導波路は、光デバイスの小型化、集積化、光IC等の集積化機能デバイスの形成に有効である。

#### 4、図面の簡単な説明

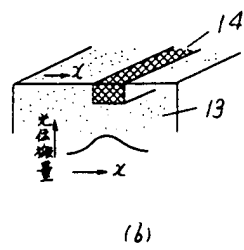
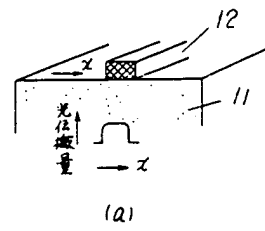
第1図(a)、(b)は従来の薄膜光導波路の構造を示す図、第2図は本発明の一実施例にかかる光分岐

導波路の構造を示す図、第3図は光分岐導波路に用いる光導波路の一実施例を示す図、第4図は光分岐導波路に用いる光導波路の他の実施例を示す図、第5図は光分岐導波路に用いる基板の実施例を示す図である。

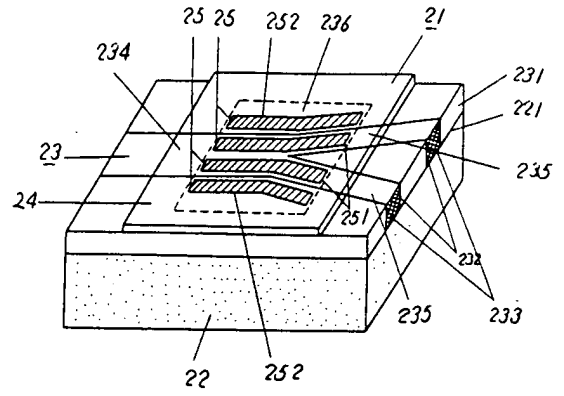
21……光分岐導波路、22……基板、23……光導波路、24……パツファ層、25……スリット電極、231……保護被膜、232……U字溝、233……光伝搬媒体、234、235……光導波路、251、252……電極。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

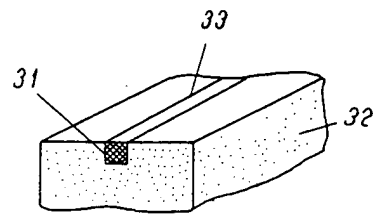
第 1 圖



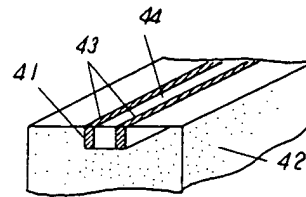
第 2 圖



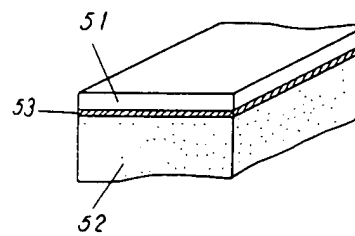
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 57173814 A

(43) Date of publication of application: 26 . 10 . 82

(51) Int. Cl

G02F 1/03  
// G02B 5/174  
G02F 1/31

(21) Application number: 56060215

(22) Date of filing: 20 . 04 . 81

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
OCHI KENZO  
WASA KIYOTAKA  
MITSUYU TSUNEO

(54) OPTICAL WAVEGUIDE BRANCHING DEVICE

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To make a device small-sized, especially for an optical IC, by providing a protective film on the surface of a substrate, providing a branch waveguide consisting of an optical propagation medium, in a U-groove provided on the protective film, providing a buffer layer on this branch part, and also providing an electrode for making a light beam selectively pass through to a light emission side waveguide, on side layer.

**CONSTITUTION:** On a substrate 22 of a sapphire, etc., a protective film 231 is formed by  $\text{SiO}_2$ , etc., and on the film 231, an optical branch waveguide 23 consisting of a U-groove 232 and an optical propagation medium 233 embedded in this groove is formed. On a branch part 236 of a light incidence side waveguide 234 and a light emission side waveguide 235, a buffer layer 24 is formed. On the layer 24, a voltage applying electrode 251 and an opposed electrode 252 for making a light beam from the light incidence side waveguide selectively pass through to the light emission side are provided. The optical propagation medium 233 uses a material such as  $\text{PbTiO}_3$ , etc. whose refractive index is larger than that of the substrate 22, the film 231 and the buffer layer 24. The electrodes 251, 252 are formed by Au, Al, a transparent conductive substance, etc. In this way,

it is possible to obtain an optical waveguide branching device which is small-sized and thin, and excellent in its integration degree, and is used for a small-sized optical device.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio

